Elforgatott és ékezetes térképi megírások automatikus felismerése

Nemes Krisztián

DOI: <https://doi.org/10.30921/GK.70.2018.4.2>

Kivonat

Egy szkennelt térkép önmagában csak egy kép, amiből az adatok kinyerése igen nehéz, azonban vektorizálás után már használhatóak egy új térkép alap-térképeként, különböző adatbázisokat állíthatunk elő belőlük, amik már szűrhetők, kereshetők, az egyes térképi objektumok (pont, vonal, felületi elemek és megírások) könnyen és gyorsan módosíthatók a térkép felhasználási célja szerint. Eddigi munkámban a digitális térképen található szimbólumok automatikus felismerésével és vektorizálásával foglalkoztam. A kidolgozott eljárás teszteléséhez készítettem egy keretprogramot és egy hozzá tartozó adatbázist, amiben a térképi jelek adatai (magasság, szélesség, kifestett terület) tárolódnak. Jelen cikkemben pedig az eddig elért eredményeket alapul véve továbbléptem; az elforgatott és ékezetes karakterek felismerésének és vektorizálásának lehetőségét vizsgáltam. A cikk különböző példákon keresztül mutatja be az eljárás működését, mely egyszerűségének köszönhetően akár ingyenes, nyílt forráskódú szoftverekbe is beépíthető.

Az eljárás működése röviden

Az eljárás első lépésként lecsökkenti a behívott térkép színmélységét, majd egy kis kernelablakkal végigfut a térképen, és különféle szűrők (szín, méret) segítségével eltünteti minden felesleges elemet, kivéve az előre definiált tűrőhatárt nem meghaladó méretű foltokat (1. ábra).

Ezután minden egyes – jelnek valószínűsíthető – foltot megvizsgál méret és kitakaró terület nagyság alapján. Először elmenti a méretkritériumoknak megfelelő folt képi koordinátáit, majd összeveti az adatbázisban tárolt összes jellel, méret, kiterjedés és alak szerint. Amelyiktől a legkevésbé tér el

(azaz bizonyos százalék feletti értékben megegyezik vele), olyan jelnek feltételezi a foltot. A lefutás végén kapunk egy eredmény-adatbázist, amiben a felismert jelek találhatóak, képi koordinátákkal. Ezeket a képi koordinátákat valamennyi térinformatikai szoftver át tudja alakítani a megfelelő vetületi koordinátákká. Ezt az adatbázist aztán elmenthetjük Shape- vagy SVG-állományba, más térinformatikai szoftverekben való felhasználásra.

1. ábra. A jelek kinyerésének folyamata

Ugyan az eljárás alkalmas volt már betűk vektorizálására is, ugyanakkor még nem volt képes az ékezetes és bizonyos szögben elforgatott karakterek felismerésére.

Elforgatott karakterek felismerése

Az elforgatott karakterek talpra állítására már az előző munkámban is ismertettem egy lehetséges megoldást. Megfigyeltem, hogy ha egy karakter a négy fő iránytól (a talpára állított karakter; 90°-kal; 180°-kal és 270°-kal elforgatva) eltérő szögben áll, akkor az őt szorosan körülölelő, úgynevezett befoglaló téglalap területe nagyobb, és minél inkább távolodunk a fő irányoktól, ez az érték annál jobban növekszik. Következésképp, ha egy adott értékkel forgatni kezdjük a karaktert, közben ez a terület csökken. Tehát pár iteráció után eljutunk valamelyik fő irányhoz. Ha közben a forgatás szögét eltároljuk, a végén megkapjuk, hogy hány fokkal kellett visszaforgatni a karaktert ahhoz, hogy a négy fő irány valamelyikét elérjük. A 2. ábra jól szemlélteti ezt.

2. ábra. A forgatási szög megállapításának menete

1. táblázat

	Álló karakter esetén	valószínűség	90°-kal elforgatva	valószínűség	180°-kal elforgatva	valószínűség	270°-kal elforgatva	valószínűség
A program által megtalált karakter	2	69,44%	2	61,24%	2	70,72%	2	59,20%
	3	80,80%	3	64,18%	3	72,63%	3	65,83%
	a	92,49%	C	70,71%	a	75,82%	C	72,83%
			c	70,99%	e	81,96%	O	73,92%
			m	72,66%			Q	74,01%
			O	74,33%				

2. táblázat

Jel kezdőbetűjének ASCII kódja	Jel kódja az adatbázisban	Jel területe	Alapkarakter ASCII kódja	Szóalkotó?	Forgatottság (°)	Minimum méret	Maximum méret	Fix méret?	Felismerési név
103	0,044#0,773#	27,077	32	IGAZ	0	11	19	HAMIS	g
71	0,009#0,462#	19	32	IGAZ	0	35	40	HAMIS	G
70	0#0#0,093#0,	14,182	32	HAMIS	10	24	37	IGAZ	Fa
102	0#0,28#0,689	20	32	IGAZ	350	14	39	HAMIS	f
70	1#0,676#0,66	18	32	IGAZ	0	25	38	HAMIS	F
233	0#0#0,027#0,	21	101	IGAZ	0	24	39	HAMIS	é

A felismerni kívánt karakter – egyelőre ismeretlen – elforgatottsági szöge legyen α . Ha elkezdjük forgatni valamilyen irányba a karaktert, látható, hogy az öt befoglaló téglalap mérete változik. Első lépésként megvizsgáljuk, balra vagy jobbra forgatva kezd-e csökkenni ez a terület. A 2. ábrán láthatjuk, hogy míg balra forgatva a karaktert, a terület nő, addig jobbra forgatva folyamatosan csökken – egy ideig. Ekkor már túlléptük valamelyik fő irányt, így egyet visszaforgatunk a karakteren. Megnézzük, hány fokkal forgattuk el α -hoz képest, amire a legkisebb területet kaptuk. Ebből megkapjuk, hogy eredetileg hány fokkal volt elforgatva. Következő lépésként felismertetjük a karaktert a programmal. Ennek eredménye az 1. táblázatban látható. A program sikeresen felismerte az „a” betűt, az elforgatás szöge pedig 30° volt.

A 2. ábrán a visszaforgatás után épp a talpára állt a karakter.

Abban az esetben viszont, ha a fejjel lefelé irányt közelítjük, a sikeres felismerés fejjel lefelé adja a legnagyobb %-os valószínűséget. Ekkor a elforgatottság szögét $\beta + \alpha$ -val kapjuk, ahol β az a szög, amelyik fő irányban a legnagyobb valószínűségű találatot adta vissza a program. Ezt szemlélteti a 3. ábra.

A β szög értéke itt 180°, az α szöge pedig további 30°. A program tehát 210°-os elforgatottságot állapít meg.

3. ábra. A forgatási szög alakulása fejjel lefelé álló karakter esetén

Ahhoz, hogy ezt a szöget is tárolni tudjuk, ki kellett egészíteni az adatbázist a forgatásiszög-attribútummal, továbbá a tanuláskor is figyelembe kellett venni, hogy eltároláskor nem biztos, hogy épp a talpára állított betű az, amelyik a legkisebb befoglaló téglalappal rendelkezik.

A 2. táblázat az adatbázis egy részét mutatja. Látható, hogy egy „Fa” nevű jel 10°-os, míg például az „f” betű 350°-os elforgatással került bele az adatbázisba. Felismeréskor ezt is figyelembe veszi a program a végleges elforgatottsági szög kiszámításánál.

Ékezetes betűk felismerése

Az ékezetes betűk felismerésére szintén egy új attribútum került bevezetésre az adatbázisban. Ez az attribútum tárolja, hogy az adott betűhöz tartozik-e egy ékezet nélküli, úgynevezett alapkarakter (pl. á ⇒ a, é ⇒ e). Ez látható a 2. táblázatban is, az

„Alapkarakter ACSII-kódja” oszlopban. Például az „é” betű alapja a 101-es ASCII-kódú „e” betű.

A fentebb említett eljárás csak az alapkaraktereket ismeri fel. Mielőtt azonban a program eltárolná az eredmény-adatbázisba a felismert betűt, még megvizsgálja, lehet-e ez a betű alapja egy ékezetes karakternek, azaz van-e olyan elem az adatbázisban, ahol az alapkarakter ASCII-kódja megegyezik ennek a betűnek az ASCII-kódjával. Ha a lekérdezés ad vissza találatot, akkor a program az alapkarakter méretének és koordinátáinak ismeretében kiemeli azt az eredeti képről a tágabb környezetével együtt, ahol ékezetek lehetnek.

Vegyünk példának a következő térképkivágot (4. ábra). Az alkalmazott szűrők segítségével csak a lehetséges karakterek maradnak a térképen. A „Fűz-halom” megírás egyetlen ékezetes karaktere egy „ű” betű. A program először csak annak alapját, egy „u” betűt ismer fel (3. táblázat).

Látható, hogy álló karakter feltételezése mellett találta meg a program az „u” betűt (80,77%). A hozzá legközelebbi találat az „n” betű volt (79,87%), amit a folt 180°-os elforgatottságának feltételezése esetén adott a program.

Következő lépésként megvizsgálja, hogy az adatbázisban van-e olyan karakter, aminek „u” betű az alapja. Ez adatbázisonként – melyet

3. táblázat

	Álló karakter esetén	valószínűség	90°-kal elforgatva	valószínűség	180°-kal elforgatva	valószínűség	270°-kal elforgatva	valószínűség
A program által megtalált karakter	0	67,62%	0	61,47%	0	65,47%	0	68,46%
	6	67,62%	2	67,01%	a	65,71%	3	74,72%
	c	68,28%	c	72,98%	b	69,79%		
	d	73,50%			n	79,87%		
	u	80,77%

4. ábra. A felesleges tartalom eltávolítása a kivágatból különböző szűrők segítségével

5. ábra. Példa egy másik kivágaton keresztül

6. ábra. Ékezetes karakterek felismerésének menete

4. táblázat

	Felismert karakter	valószínűség
A program által megtalált „u” alapú karakter	u	75,45%
	ú	79,05%
	ü	82,20%
	ű	83,64%

a felhasználó állít elő – eltérő, több találat is lehetséges attól függően, milyen karaktereket tanítottunk meg a programnak.

Az ebben az esetben használt adatbázisnál a programnak az [u, ú, ü, ő] listából kell kiválasztania a megfelelőt, azaz melyik hasonlít leginkább a foltra, amelynek „u” az alapja.

Ennek alakulását a 4. táblázat mutatja. Látható, hogy „ü” betű nem sokkal (82,20%), de alul maradt az „ű”-vel szemben (83,64%).

Egy másik példával szemlélítve, az 5. a. ábrán látható „Hosszú-árok”

megírást emeli ki a program a térképről. Ehhez redukálja a kép színeit, majd a számunkra megfelelőt (fekete) kiválasztjuk, így a többivel nem kell foglalkoznunk (5. b. ábra). Újabb szűrők használatával megszabadítja a kivágatot a túl rövid/kicsi, vagy épp túl hosszú/nagy foltoktól (5. c. ábra).

Majd a karakterfelismerési eljárás következik. A program először megtalálja az alapkaraktereket („u” és „a” betű), majd – ha az adatbázisban található olyan karakter, aminek ezek a betűk az alapjai – ismerve azok elforgatottsági szögeit –, visszaforgatja őket álló helyzetbe a tágabb környezetükkel együtt (6. b. ábra). Most újabb szűrő funkciók futnak le a képen. Ezek célja, hogy minden felesleges pixelt eltüntessenek a képről, ami nem része az alapkarakternek, és nem az ékezet(ek) feltételezett helyén van (6. c. ábra), majd lecsökkenti a kép

5. táblázat

Alapkarakter	Felismert karakter	valószínűség
u	u	66,07%
	ú	74,70%
a	a	59,72%
	á	78,49%

méretét, és áttanszformálja a felismeréshez szükséges méretű képpé (6. d. és e. ábra).

A felismeréshez az adatbázisból már csak azokat az elemeket veszi alapul a program, melyek alapkarakterek az „u” és az „a” betű, illetve saját magukat. Így csökkenthető a téves felismerés valószínűsége. Ennek alapján – ahogy az 5. táblázatban is látható – a két betűre csak két-két lehetőség adódott, és az ékezetes karakterekre nagyobb valószínűséggel hasonlítottak a foltok, a program helyesen ismerte fel őket.

Betűk összekapcsolása szavakká

A karakterek visszaforgatásával és az ékezetes betűk felismerésével már lehetőség nyílt arra, hogy az egyes betűket össze lehessen kapcsolni szavakká. Ehhez felhasználtam azt, hogy a megírást alkotó karakterek általában egy irányba vannak elforgatva (7. ábra).

Miután az összes lehetséges (a térképen található) karaktert felismerte a program, az elforgatottsági szögekből listát alkot. A 8. ábrán látható „BUDAPEST” megírás minden karaktere egy bizonyos $\beta + \alpha$ szöggel van elforgatva. A program kiválogatja az ilyen szöggel elforgatott karaktereket a felismert betűk közül, majd megvizsgálja azok egymáshoz való viszonyát bizonyos paraméterek alapján (9. ábra).

7. ábra. Azonos szögben elforgatott, valószínűsíthetően kapcsolódó karakterek

8. ábra. Példa az egy megírást alkotó karakterekre

Ezek a paraméterek a következők:

- aktuális betű („B”) szélessége (w)
- az aktuális betű („B”) magassága (h)
- a szomszédosnak feltételezett betű („U”) és az aktuális betű középpont-koordinátájának különbsége (Δx , Δy)
- a két betű középpontjának távolsága (Δt)
- a két betű középpontját összekötő szakasznak (Δt) a vízszintessel bezárt szöge (χ)

Felhasználjuk, hogy $\Delta x^2 + \Delta y^2 = \Delta t^2$, amiből megkapjuk a Δt értékét, majd ebből a $\sin(\chi) = \Delta y / \Delta t$ összefüggés segítségével megkapjuk a χ szöveget. Annak a feltétele, hogy a 9. ábrán látható „B”-t és „U”-t össze tudja kapcsolni a program, a következő:

- Δt értéke nem lehet nagyobb, mint $1,5 \times (w+h)/2$, hiszen csak bizonyos távolságon belüli karaktereket kapcsolhatunk össze,
- illetve teljesülnie kell annak, hogy $|\chi - \alpha| < 10^\circ$, mert bár nagyjából egy irányba vannak elforgatva, és közel is vannak egymáshoz, azért az is elképzelhető, hogy az egyik a másik felett van.

Ugyan látszólag az α és χ szög értéke megegyezik, ez az érték a két egymást követő betű méretkülönbsége és elhelyezkedése miatt eltérhet. A betűk összekapcsolásánál figyelembe kell vennünk azt is, hogy a következő betű az előző elé, vagy mögé kell hogy kerüljön. Ez a már összekapcsolt betűk és a következő betű koordinátájának különbségéből, illetve a megírás irányultságából állapítható meg.

A 10. ábrán látható – már összekapcsolt – „un” megíráshoz adná hozzá a program a „D” és az „a” betűket. Az „un” megírás középpontja P_0 , a „D” betűé P_1 , míg az „a” betűé P_2 . A $\beta + \alpha$ irányultsága és a Δx_1 és Δy_1 koordináta-különbsége

miatt a „D” betű az „un” megírás elé, míg a Δx_2 és Δy_2 miatt az „a” betű a megírás végére kerül. Az így keletkezett „Duna” megírás új középpontját a program előbb a P_0 és P_1 pont koordinátáinak átlagából, majd az így kapott új középpont és a P_2 pont koordinátáinak átlagából számolja. Az itt felhasznált betűket pedig kiveszi a felismert betűk listájából, hiszen több megírásnak már nem képezhetik részét.

Felhasználási lehetőségek

A végeredmény tehát egy digitalizált térképből kinyert vektoros adatbázis, amiben két tábla található. Az elsőben vannak felsorolva a felismert karakterek és szimbólumok, egyenként. Ezt mutatja a 6. táblázat. Ebben látható:

- felismert karakter vagy szimbólum,
- hány százalékos valószínűséggel találta meg a jó karaktert a program,
- karakter képi XY koordinátája,
- karakter szélessége és magassága pixelben,
- elforgatottsági szöge a térképen,
- adott karakter szóalkotó karakter-e,
- fix méretben található-e a térképen (pl. bizonyos térképi szimbólumok),
- egy adott irányban állhat-e a térképen (pl. alappont-jelek a térképen),
- és hogy a program már felhasználta-e a megírások összekapcsolásakor.

A második táblázatban pedig az összekapcsolt betűkből keletkezett megírások találhatók (7. táblázat).

Ez tárolja:

- magát a megírást,
- a megírás elforgatottsági szögét,
- a megírás XY koordinátáját a képen,
- és a megírás színét.

Ezeket az adatbázisokat exportálhatjuk Shape- vagy Scalable Vector Graphics

9. ábra. Karakterek közötti kapcsolat vizsgálata

10. ábra. Új betűk kapcsolásának módja felismert megíráshoz

6. táblázat

Karakter	Valószínűség (%)	X	Y	Szélesség	Magasság	Forgatási szög (°)	Szóalkotó?	Fix méret?	Fix irány?	Felhasznált?
P	84	62	59	21	28	0	igen	nem	nem	igen
é	88	85	62	18	21	0	igen	nem	nem	igen
c	84	106	62	19	21	0	igen	nem	nem	igen
s	83	127	62	18	21	0	igen	nem	nem	igen
S	91	156	182	22	28	0	igen	nem	nem	igen
d	84	263	182	20	28	0	igen	nem	nem	igen
z	83	178	186	17	21	0	igen	nem	nem	igen
e	83	197	186	18	21	0	igen	nem	nem	igen
g	81	219	189	20	28	0	igen	nem	nem	igen
e	83	241	186	18	21	0	igen	nem	nem	igen

7. táblázat

Megírás	Forgatási szög (°)	X	Y	Szín
Pécs	0	94	60	fekete
Szeged	0	210	182	fekete

(SVG) fájlba, így más térinformatikai szoftverben is megnyithatók és felhasználhatók. Például a megírások színeiből könnyen csoportokat alkothatunk: minden, ami kékkel lett megírva, az valószínűleg vízrajzi név; ami barnával, az domborzathoz köthető megírás. A felismert szimbólumok pedig könnyen átalakíthatóak, hiszen szűrhetők és kategorizálhatók.

Természetesen az eljárás nem csak térképi karaktereket ismer fel. Felhasználható egyéb, szkennelt dokumentum szövegeinek felismerésére és vektorizálására is.

Irodalom

- Araokar, S. 2005. Visual Character Recognition using Artificial Neural Networks, <https://arxiv.org/ftp/cs/papers/0505/0505016.pdf>
- Chiang, Y. - Knoblock, C. A. 2015. Recognizing text in raster maps, Journal Geoinformatica, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10707-014-0203-9> <https://pdfs.semanticscholar.org/4287/54329311fada930309dec2f68413075edcb3.pdf>
- Field, J. L. 2014. Improving Text Recognition In Images Of Natural Scenes, <https://web.cs.umass.edu/publication/docs/2014/UM-CS-PhD-2014-003.pdf>

Iqbal, Asif - Musa, A. B. M. - Tahsin, Anindya - Sattar, Md. Abdus - Islam, Md. Monirul - Murase, Kazuyuki 2008. A Novel Algorithm for Translation, Rotation and Scale Invariant Character Recognition, SCIS & ISIS <https://www.cs.uic.edu/pub/Bits/Musa/musa-scis-isis08.pdf>

Jawahar, C.V. - Alahari, K. - Mishra, A. 2012. Top-Down and Bottom-up Cues for Scene Text Recognition, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE Conference, DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2012.6247990>

Nemes, K. 2017. Térképen található karakterek és szimbólumok felismerése és vektorizálása, Geodézia és Kartográfia, 69. évf. 2. sz. pp. 29-33.

Szabó, Cs. 2007. Kézzel írt szövegek feldolgozása tanuló algoritmusokkal, <https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/2362/Diplomamunka.pdf>

Velázquez, A. - Levachkine, S. 2003. Text/ Graphics Separation and Recognition in Raster-scanned Color Cartographic Maps, Graphics Recognition. Recent Advances and Perspectives pp. 63-74., DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-25977-0_6

Summary

Nowadays, maps are mostly stored in digital form. The next step is to vectorize them. Vectorizing maps manually can be a long process; however, we can utilize the computing speed of computers. Computer automation is a developing area which can be used to vectorize maps. In this work, I developed a very simple method to automatically recognize

rotated characters and vectorize them, even when they are accented. It is based on a database, in which all the characters and symbols are stored. The method compares the characters on the map with those stored in the database, and returns the database character with the highest match. The result of the process is an output database, where all the recognized characters are stored with image coordinates and rotation angles. The method can connect characters which are close enough to each other according to certain parameters, and can return the word formed by these connected characters.

Kulcsszavak: automatikus betűfelismerés, szövegfelismerés, automatikus térkép-vektorizálás

Keywords: character recognition, text recognition, automatic vectorising maps

Nemes Krisztián
doktorandusz

ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola
nekpaaat@gmail.com